

# Behavioral Modeling (verhaltensbasiert)

## in der Konstruktion von Zylinderköpfen

SAXON SIMULATION MEETING (TU Chemnitz)

Dipl.-Ing. Wolfgang Berg

Chemnitz, 28.04.09

# IAV Firmenprofil

## Überblick



- Gründungsjahr: 1983
- Mitarbeiter 2008: 3850
- Branche / Produkte
  - Automotive-Engineering
  - Forschung
  - Vorentwicklung
  - Serienentwicklung
- Geschäftsfelder
  - Fahrzeug
  - Antriebsstrang
  - Automobilelektronik



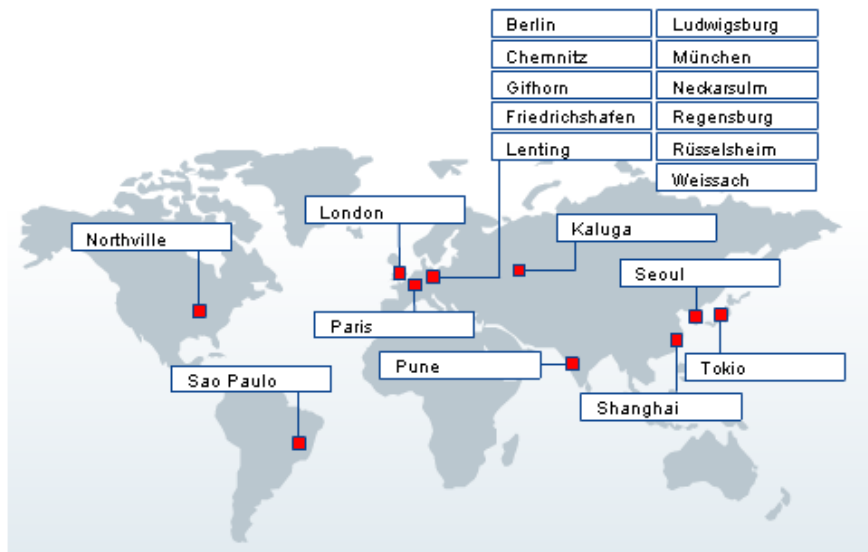
# IAV Firmenprofil

## Standorte



Wir sind da, wo Sie uns brauchen

Innovationen in Serie und dabei den Kundennutzen stets im Focus – das ist das Konzept der IAV. Deshalb sind wir überall dort auf der Welt zu finden, wo uns unsere Kunden brauchen: bei Ihnen vor Ort.



## Standort Chemnitz

- ca. 500 Mitarbeiter
- Motorenentwicklung
- Getriebeentwicklung
- Prüfstände
- Motorenbau
- Teilefertigung



# Projekt Einzylindermotor für Brennverfahrenuntersuchungen



technische Daten:

- Hub  $\leq 100$  mm
- Bohrung  $\leq 95$  mm
- Hauptlager  $\varnothing 70 \times 22,5$
- Zünddruck  $\leq 220$  bar
- Drehzahl  $\leq 9000$  1/min
- vollständiger Massenausgleich der 1. und 2. Ordnung



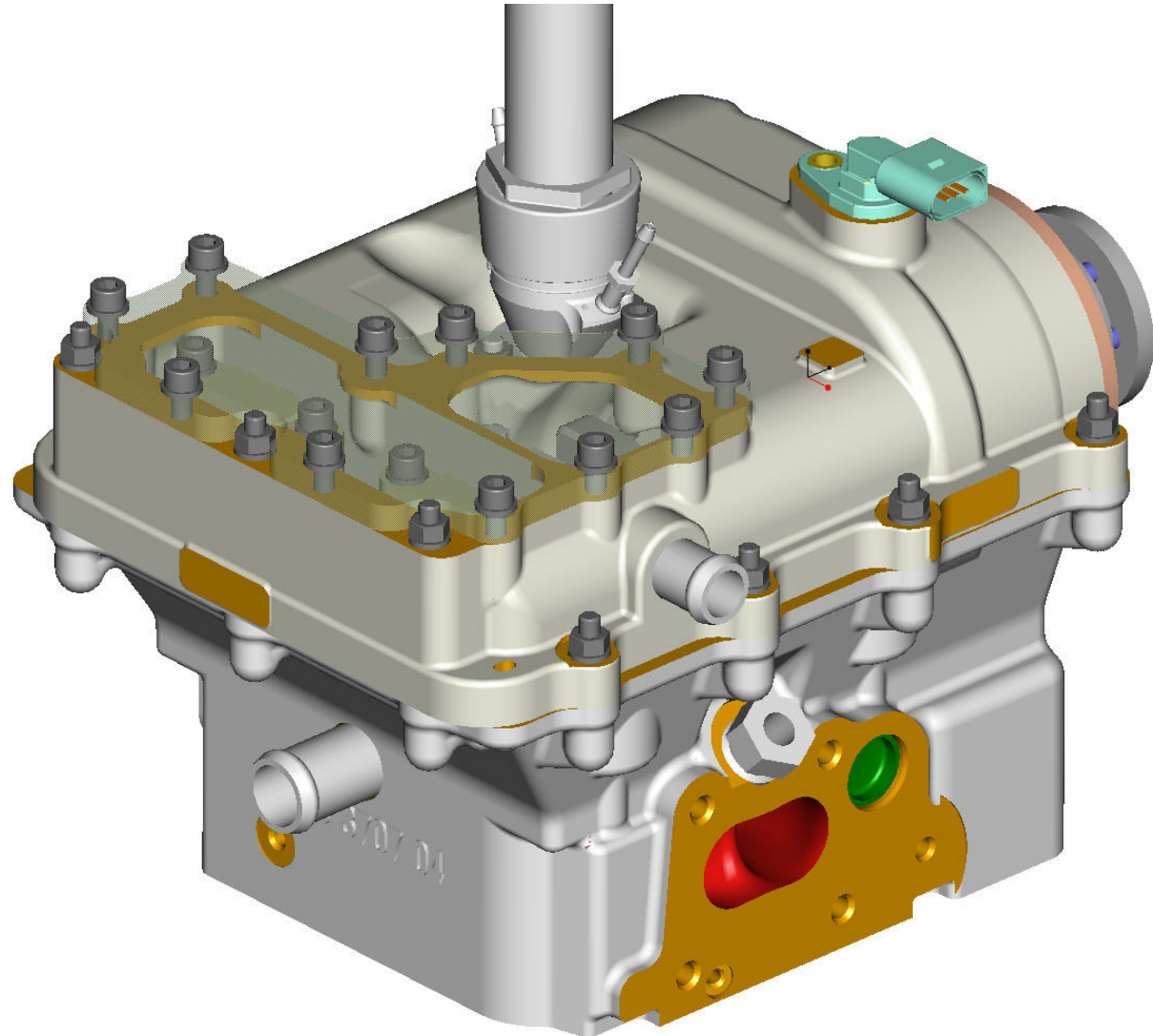
# Projekt Einzylindermotor

## ZSB Zylinderkopf



Kurzbeschreibung:

- Rapid Prototyping
- Druckindizierung
- 2 optische Sensoren
- drehbare Einspritzdüse
- Temperatursensoren an kritischen Stellen
- Kühlung im Bereich der Auslasssitze





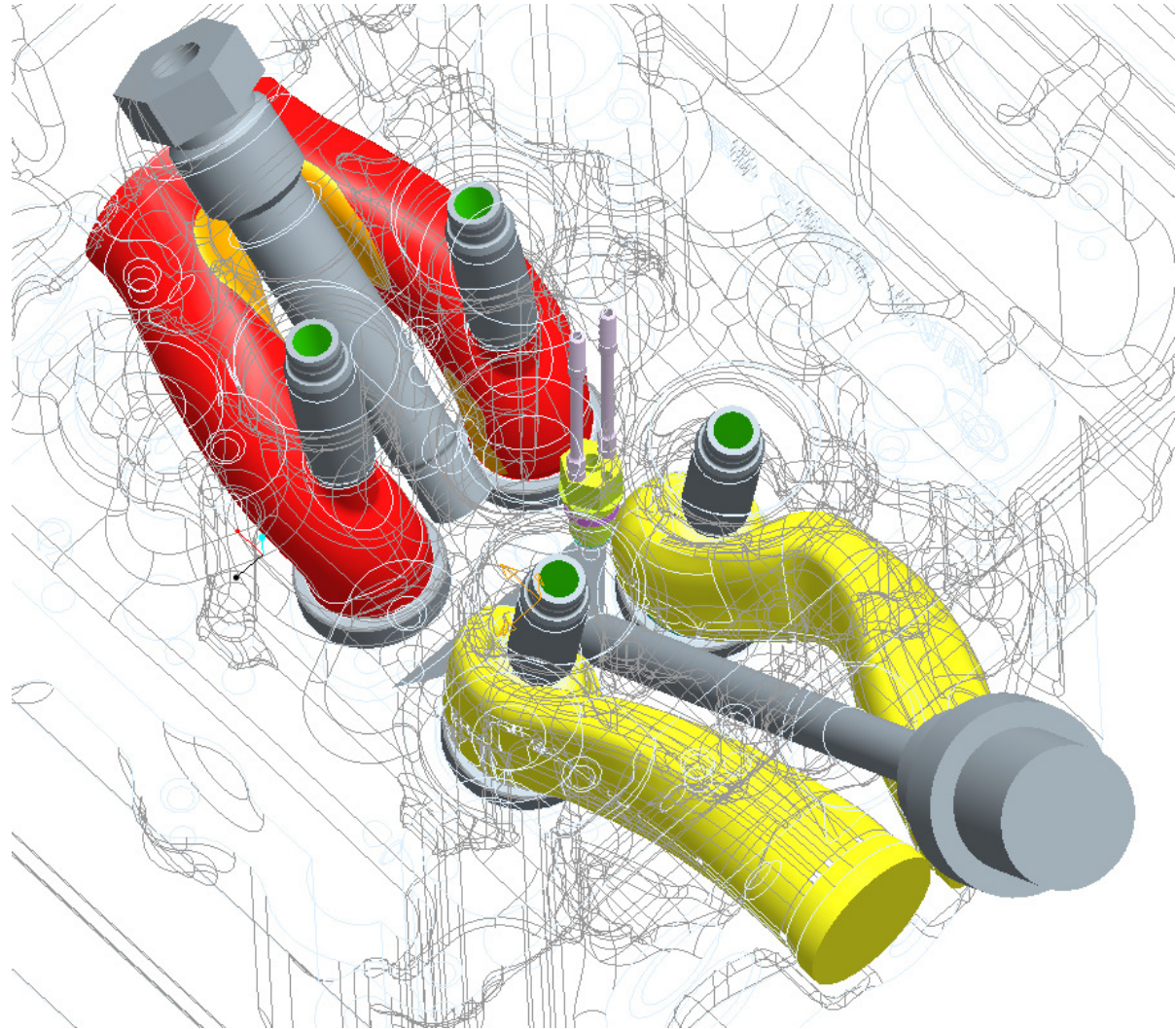
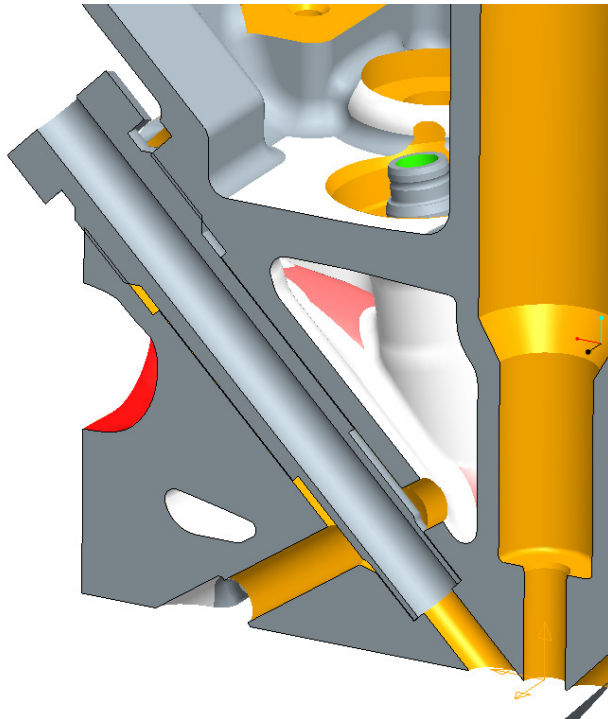
## 2 Brennraumzugänge für optische Sensoren neuer Auslasskanal notwendig



Laser auf der Einlassseite

Endoskop auf der Auslassseite

Hülse zwischen den  
Auslassventilen zur Absicherung  
der Kühlung



# Auslasskanal, Modellaufbau

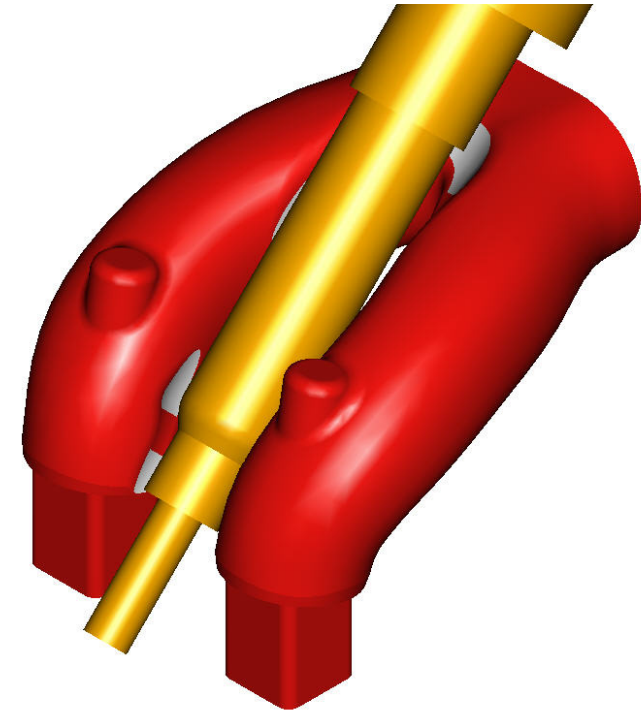
## Grundkontur und Hülsefreigang



- 4 Randkurven
- 8 Querschnitt
- Fläche über Berandungen
- keine Entformung
- variabler Schnitt ?



- nachträglicher Freigang für die Hülse
- Querschnittsverringern an den Sitzringen und im Zwickelbereich
- Querschnitt sollte gleichmäßig aufgeweitet verlaufen



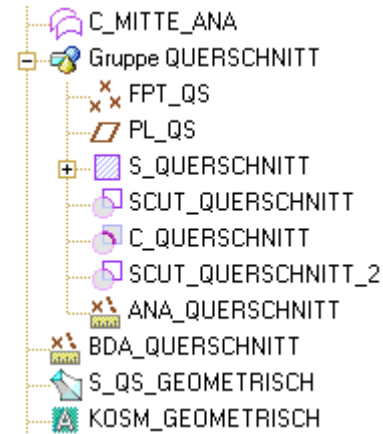
# Querschnittsanalyse über Feldpunkt und BDA

## konstruktionsbegleitend, direkt im Modell

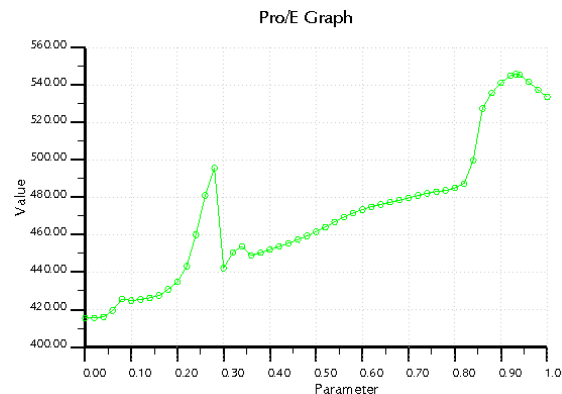
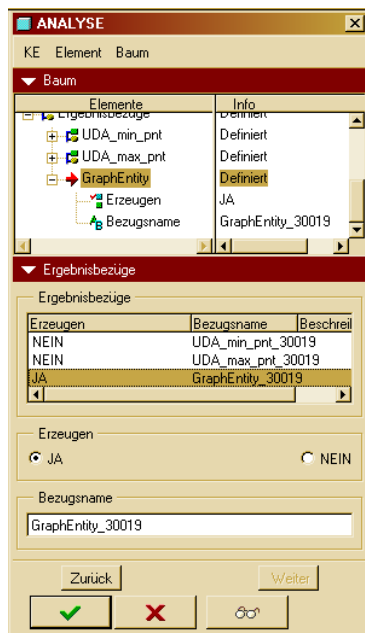


- Feldpunkt auf Leitkurve
- Querschnittsdefinition
- Querschnittsanalyse
- benutzerdefinierte Analyse (BDA)
- var. Schnitt auf Leitkurve mit Graph aus der BDA
- Ausgabe als Excel-Diagramm möglich

Gruppe

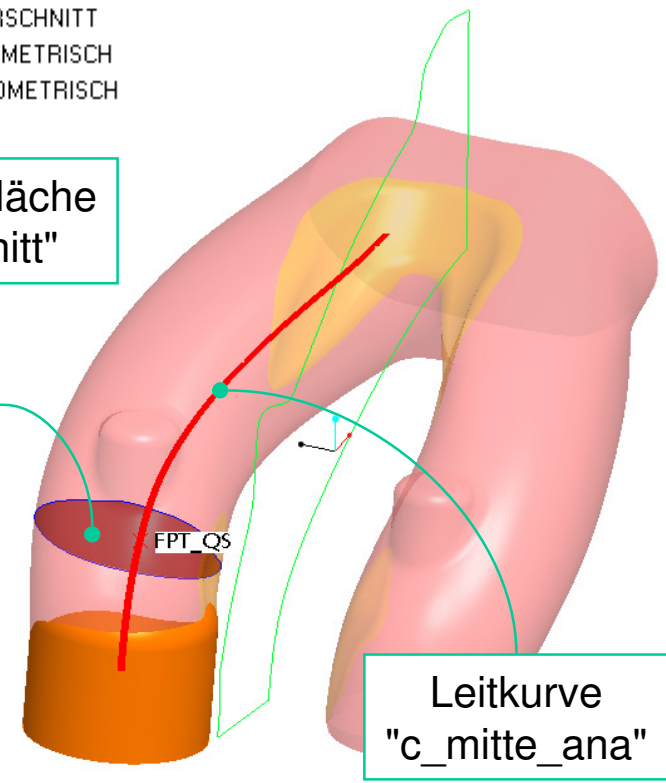
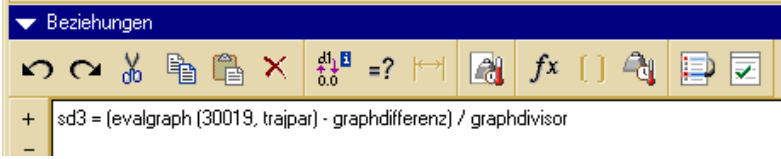


Gleiche Auswertung auch für den hydr. Vergleichs-Ø möglich.



gemessene Fläche  
"s\_querschnitt"

Schnittbeziehungen "s\_qs\_geometrisch"





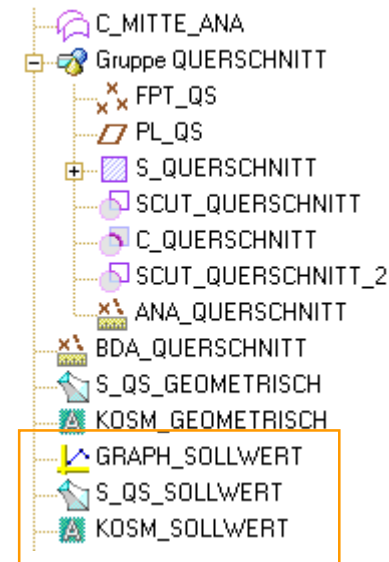
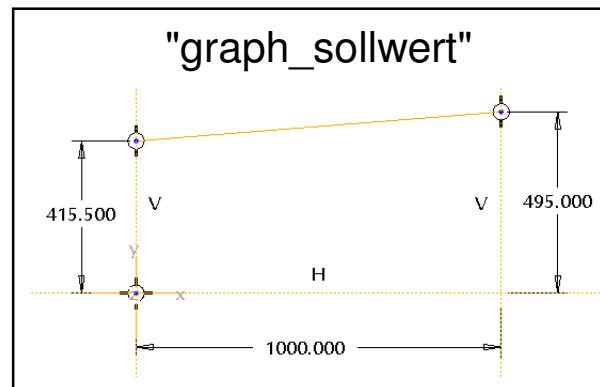
# Vergleich mit einer Vorgabe

## graphgesteuerter variabler Schnitt



Sollkontur über Graph und var. Schnitt  
auf der gleichen Leitkurve wie die  
Querschnittsanalyse

zur besseren Darstellung über  
Parameter gesteuert

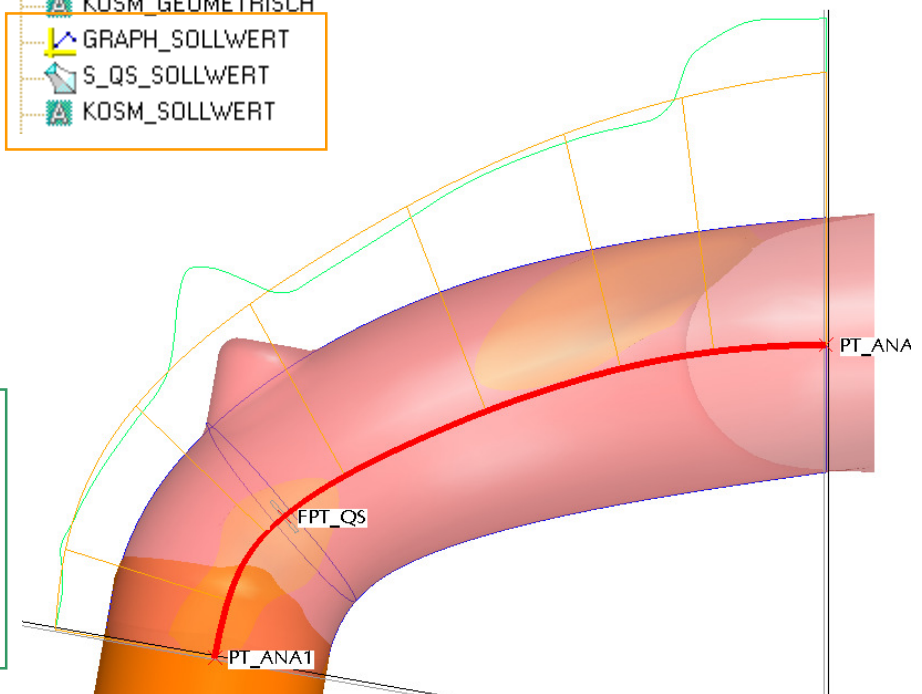


gemessener Querschnitt  
Sollkurve

### Schnittbeziehungen "s\_qs\_sollwert"

Beziehungen

$sd3 = (evalgraph("graph_sollwert", traipar*d140) - graphdifferenz) / graphdivisor$



# Graphabgleich

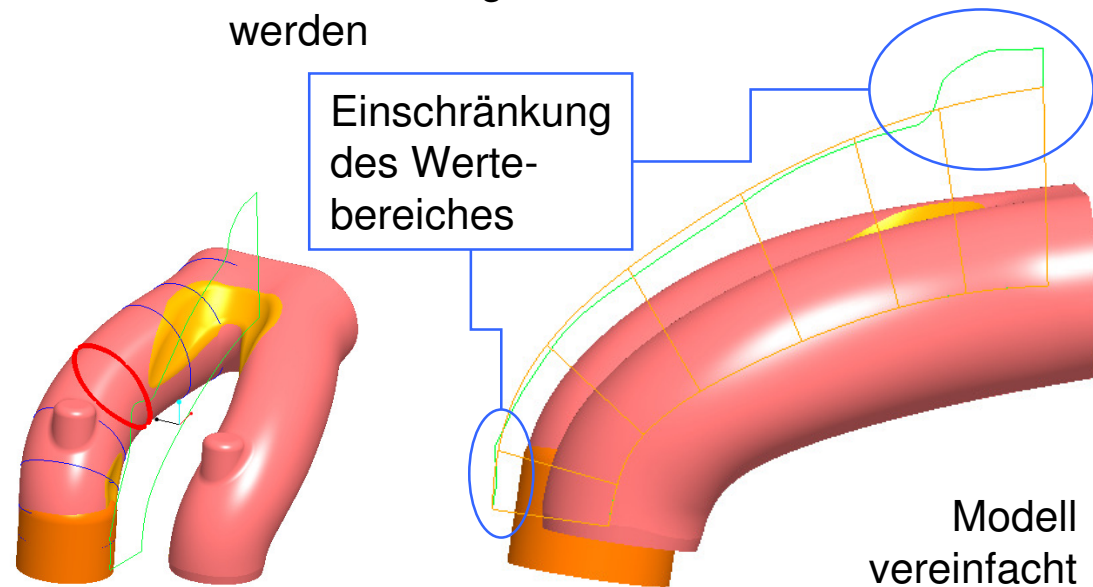
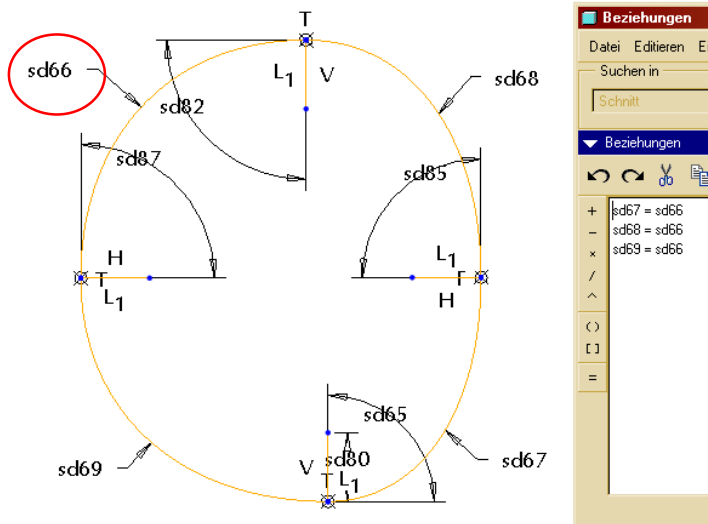
## grundlegendes Vorgehen - Randbedingungen



- Funktion "comparegraphs" erlaubt den Vergleich von 2 Graphen aus BDA's
- Erstellung einer Vorgabe notwendig, die über eine BDA ausgewertet wird
- Analyse-KE vom Typ "Beziehung" mit Abweichparameter
- Optimierung durch minimieren des Abweichparameters

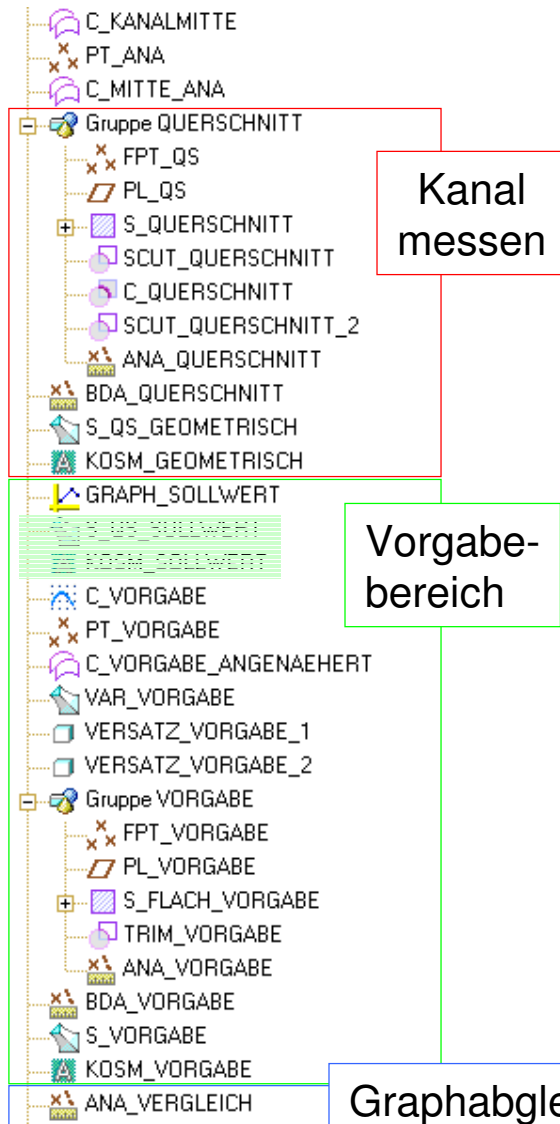
- möglichst einfache und robuste Modelle
- Anzahl der Konstruktionsvariablen hat nur wenig Einfluss auf die Rechenzeit
- möglichst direkter Einfluss der Konstruktionsvariablen auf die Messgröße
- Messgröße nur auf einer Seite der Vorgabe
- ggf. sollten "Störkonturen" zur Vereinfachung aus der Geometrie entfernt werden

### rho-Wert als Konstruktionsvariable



# Graphabgleich

## Vorgabekanal - Analysen

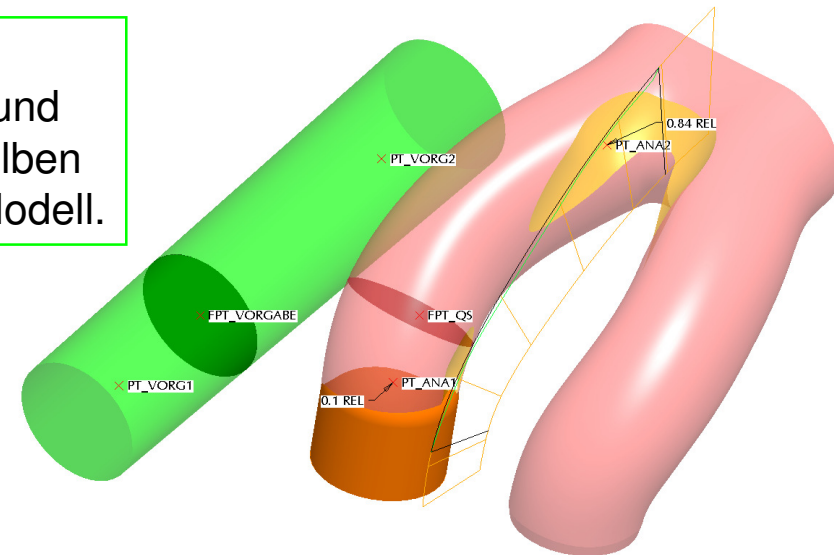
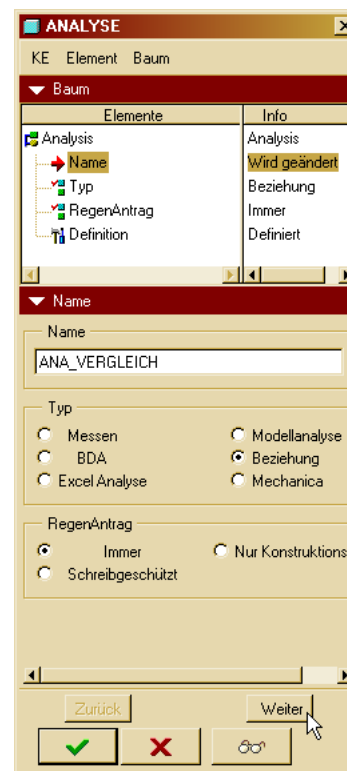


Kanal messen

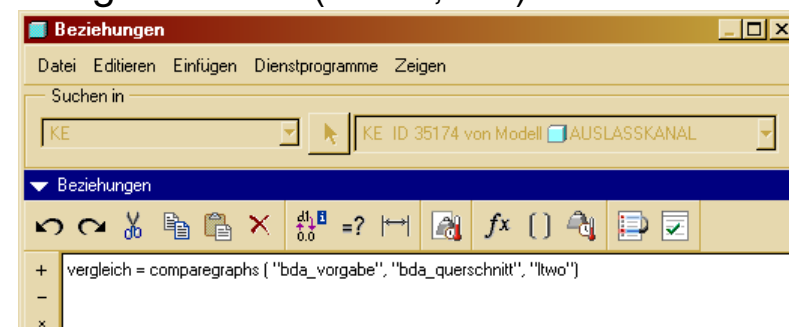
Vorgabebereich

Graphabgleich

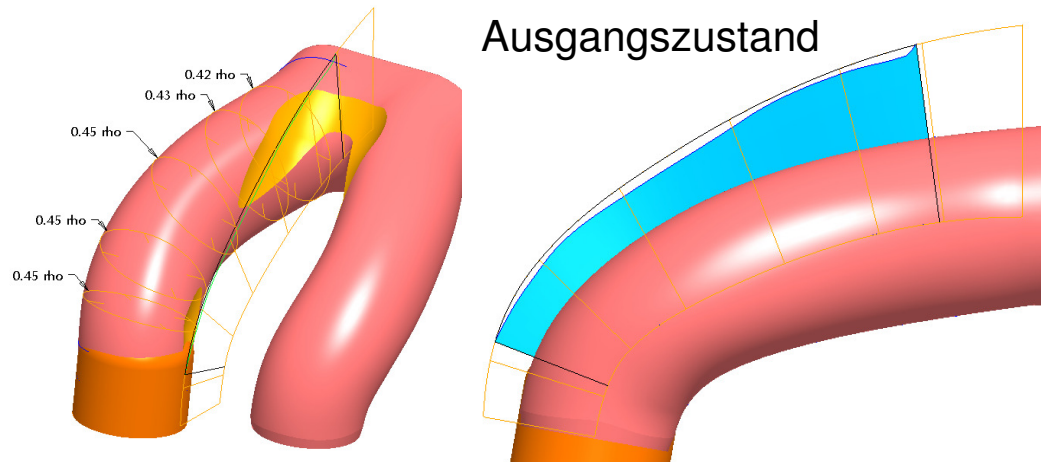
Erstellung eines Vorgabegraphen und Darstellung desselben zur Kontrolle im Modell.



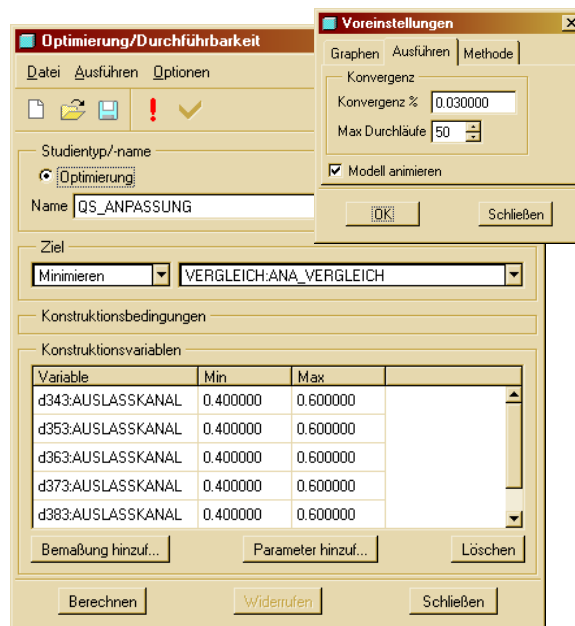
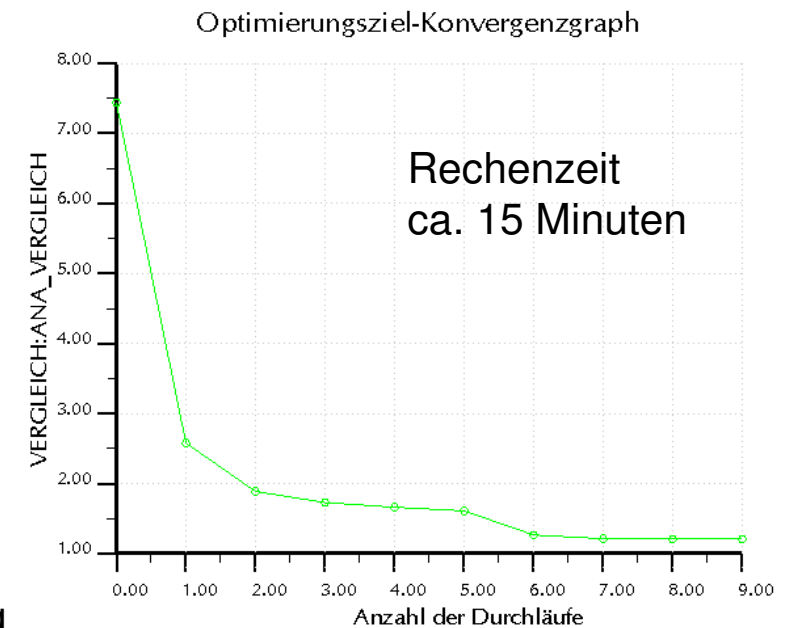
Die Analyse "ana\_vergleich" gibt den Bereich zwischen den beiden Graphen (Vorgabe und Querschnitt) als Parameter "vergleich" aus (hier 7,435).



# Graphabgleich Optimierung

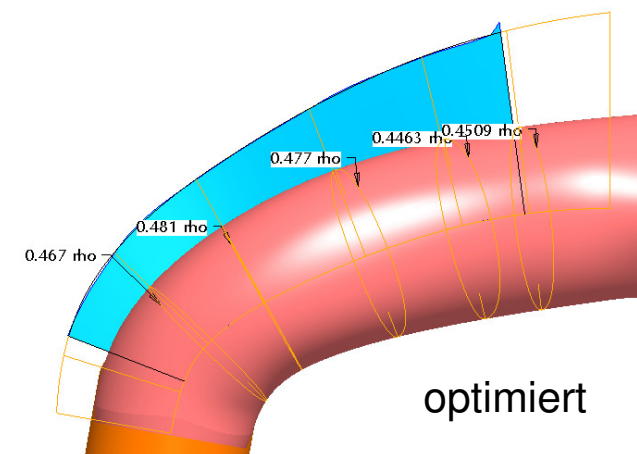


Ausgangszustand



Definition der Optimierung  
ohne zusätzliche Konstruk-  
tionsbedingungen.  
Die rho-Werte sind im  
Bereich zwischen 0,4  
und 0,6 änderbar.

Ziel ist die Minimierung  
der Abweichung zwischen  
den Graphen.

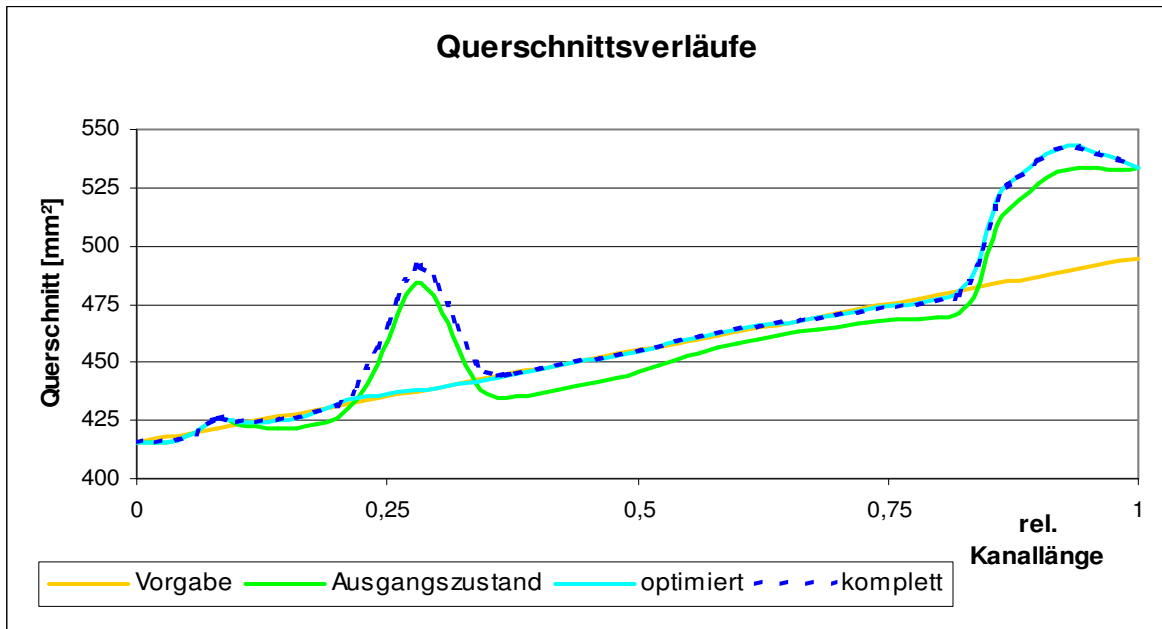


optimiert



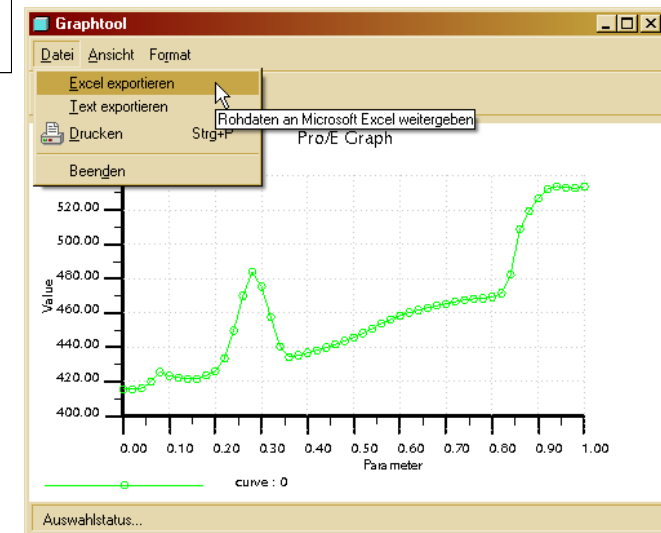
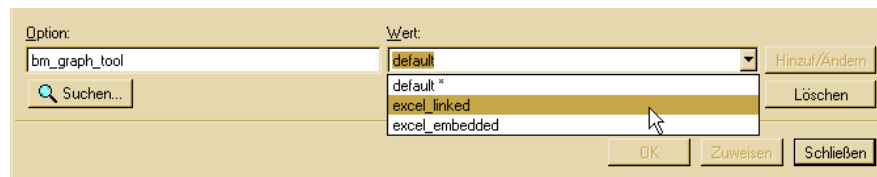
# Graphabgleich

## Querschnittsvergleich über Excel-Diagramm



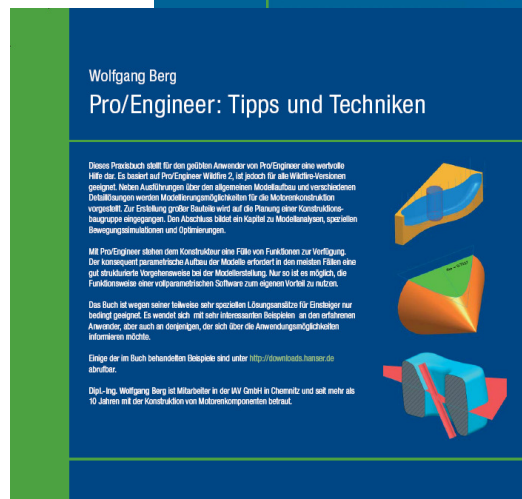
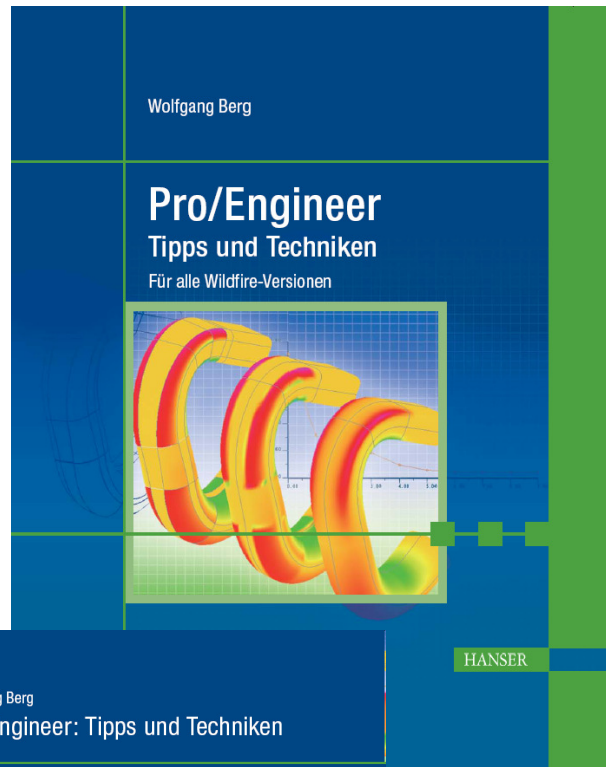
Ausgabe der Querschnittsverläufe über:

1. Konfigoption `bm_graph_tool` "excel\_linked" direkt
2. aus Graphtool "Datei" – "Excel exportieren"



# Pro/Engineer – Tipps und Techniken

Hanser - Verlag



<b>1 Allgemeiner Modellaufbau</b>	<b>9</b>
1.1 Modellentwurf	9
1.2 Keine unnötigen Geometrien	11
1.3 Einfach und robust	12
1.4 Eigene Vorgaben	14
1.5 Skizzierer	17
<b>2 Möglichkeiten externer Referenzierung</b>	<b>31</b>
2.1 Layout	36
2.2 Baugruppenbeziehungen	39
2.3 Familientabellen	40
2.4 Verschmelzen/Ausschneiden	41
2.5 Vererbung	
2.6 Kopiegeometrie	
<b>3 Detaillösungen</b>	
3.1 Gerade Auflage in gekrümmter Fläche	
3.2 Butzen mit variabler Entformung	
3.3 Gebogene und variable Feder	
3.4 Schräge Bohrung durch Teilung	
3.5 Nachbildung von Fräsebahnen	
<b>4 Saugrohrkonstruktion</b>	
4.1 Rechteckquerschnitt	
4.1.1 Geraden und Radien	
4.1.2 Geraden und Radien in Splines umgewandelt	
4.1.3 Kegelschnitte	84
4.1.4 Bemaßter Spline	85
4.1.5 Spline mit freien Punkten	86
4.1.6 Spline mit Kontrollpolygon	87
4.2 Leitkurvenkonstruktion	88
4.2.1 Leitkurvenkonstruktion über graphgesteuerten Versatz	88
4.2.2 Leitkurvenkonstruktion über Steuerkurvenbiegung	92
4.2.3 Vergleich von Leitkurvenvarianten	99
4.3 Kanalkonstruktion	107
4.3.1 Doppelte Steuerkurvenbiegung	107
4.3.2 Gezogener Verbund	113
4.3.3 Variabler Schnitt (Kegelschnitte)	119
4.3.4 Variabler Schnitt (Rechteck)	125
<b>5 Modellaufbau eines Zylinderkopfes im Top Down Design</b>	<b>133</b>
5.1 Grundbausteine	134
5.2 Struktur der Baugruppen	139
5.3 Externe Referenzen	143
5.4 Zeichnungsableitung	149
<b>6 Erweiterte Funktionalitäten</b>	<b>153</b>
6.1 Querschnittsanalyse über Feldpunkt und BDA	154
6.2 Querschnittsanalyse über Sensitivitätsstudie	164
6.3 Durchführbarkeit/Optimierung	169
6.4 Graphabgleich	177
6.5 Montagesimulation auf einer Ebene	186
6.6 Bewegungshülle	195

detaillierte Beschreibung von  
Querschnittsanalysen und  
Graphabgleich

# Vielen Dank

Dipl.-Ing. Wolfgang Berg

IAV GmbH

Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr

Kauffahrtei 25, 09120 Chemnitz

Telefon: +49 371 2373-4263

wolfgang.berg@iav.de